SDR (la radio logicielle)

Mais c'est très simple

F5ULS
jacques.espiau@gmail.com
02 / 2013

TABLE DES MATIERES

Les quatre composants d'un SDR ….....03

Architecture.....04

I) Le mélangeur.....06

II) La carte son.....09

III) Le PC.....10

IV) Le signal d'entré brut.....12

V) Le signal de sortie traité.....16

VI) Le logiciel.....20

Ce que l'on remarque immédiatement.....22

Avant de mettre sous tension un SDR.....31

Produits industriels disponibles sur le marché.....33

Bibliographie.....36

Les quatre composants d'un SDR

I) *un mélangeur / détecteur* ***quadratique*** *par échantillonnage à* ***conversion directe****.*

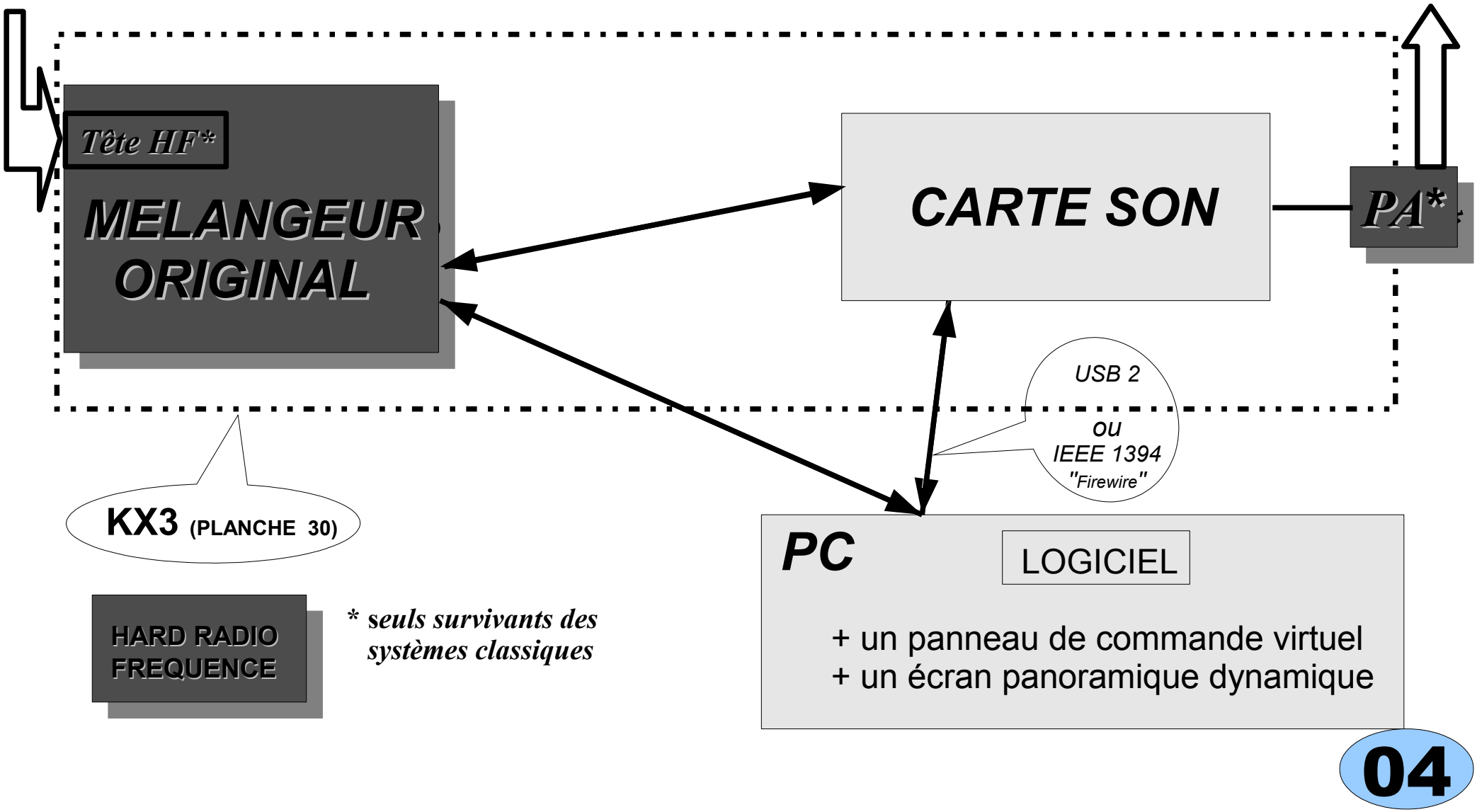
II) *une* ***carte son****.*

III) *un* ***PC.***

IV) *un* ***logiciel****.*

Architecture (1/2)

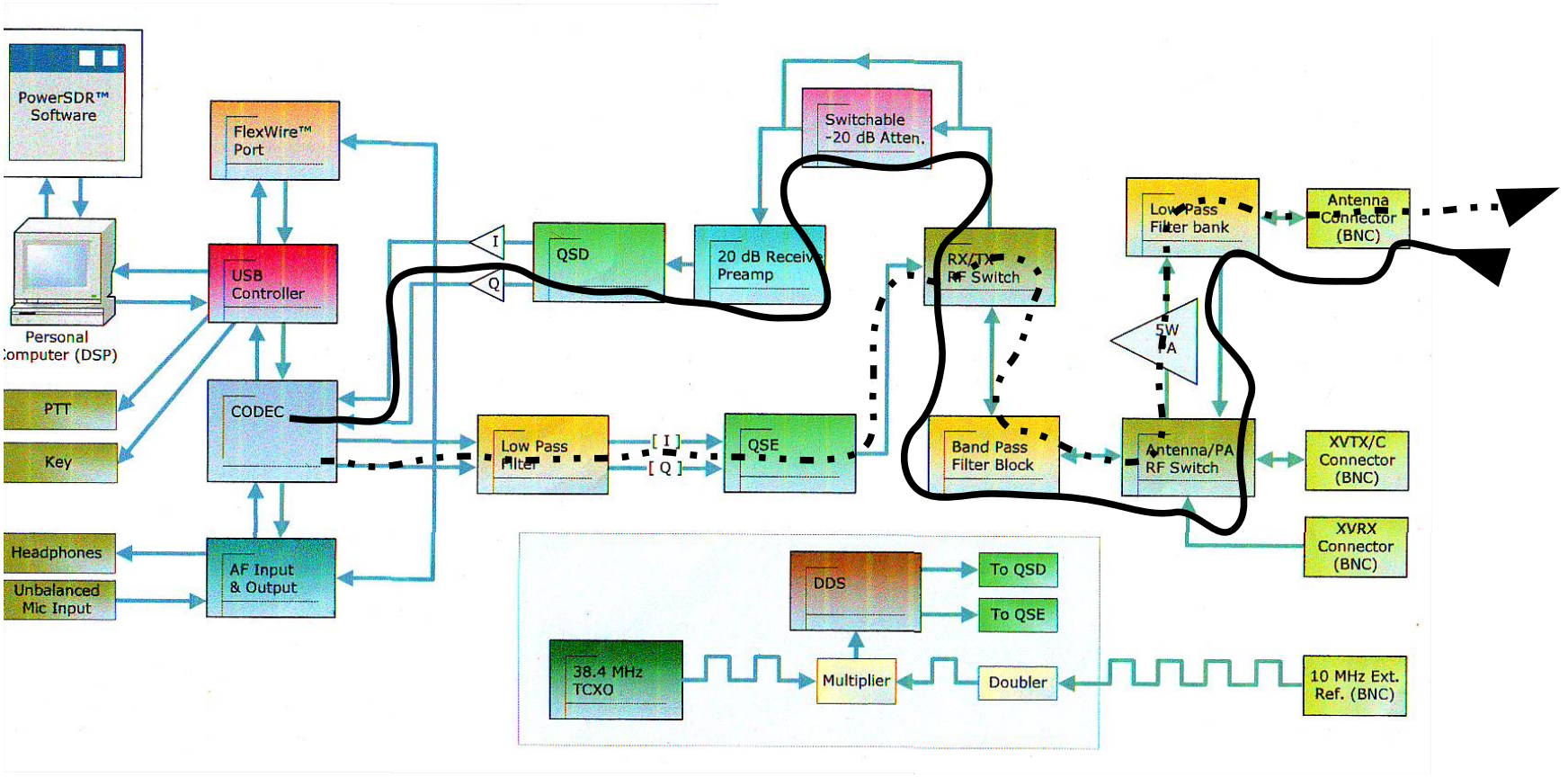
La chaîne d'émision n'est pas détaillée ici : l'innovation c'est la réception



Architecture (2/2)

Flex-1500

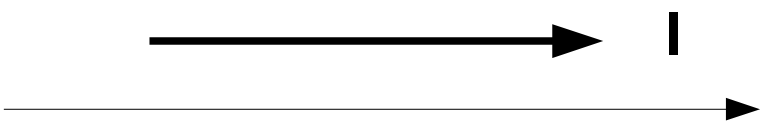
Circuit d'émission – – – – – Circuit de réception ————



Les signaux I et Q sont produit pour la réception et pour l'émission

I) Le mélangeur (1/3)

► *A l'instant T, le mélangeur / détecteur **classique** extrait un seul signal: une amplitude en phase.*



Problème : on est obligé de construire un système de démodulation spécifique pour chaque modulation. C'est lourd et rigide.

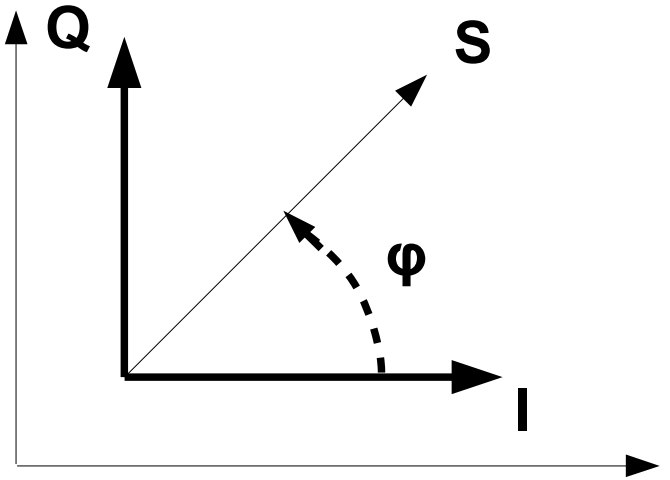
I) Le mélangeur (2/3)

► *A l'instant T, le mélangeur / détecteur* ***quadratique*** *extrait deux signaux :*

*- l'un en phase (**I**) [**I**n phase].*

*- l'autre déphasé de 90°(**Q** [**Q**uadrature].*

► ***Le signal (S) est l'information nécessaire et suffisante pour caractériser n'importe quelle modulation.***



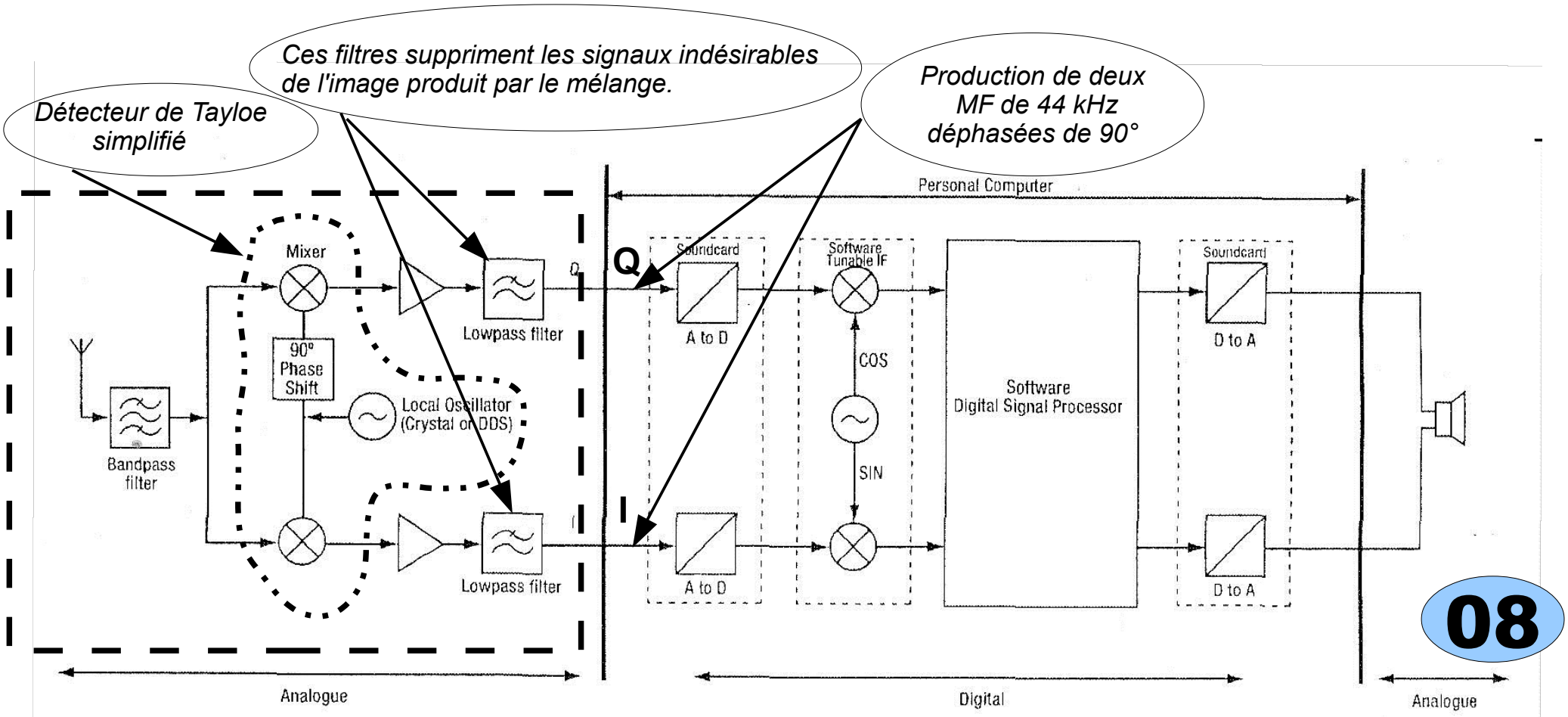
Un seul système est nécessaire pour n'importe quelle modulation.
Avec I et Q on démodule donc n'importe quel type signaux.

Le mélangeur (3/3)

► *Le détecteur de Tayloe (N7VE) réalise simultanément quatre fonctions sur les chaines **I** et **Q** :*
- *échantillonneur.*
- *mélangeur.*
- *détecteur d'amplitude.*
- *détecteur de phase.*

Pour approfondir Voir Radio-REF N° 861 (01-2013)

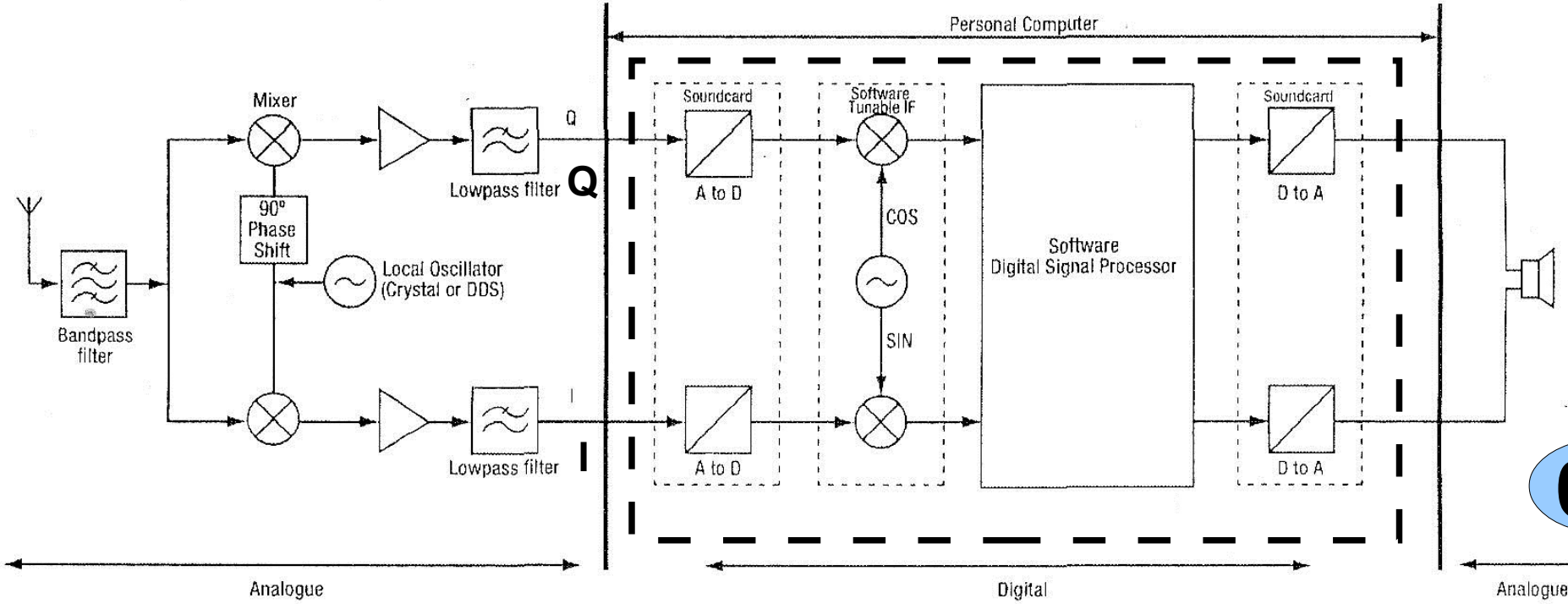
► ***C'est un détecteur de produit, en fait un convertisseur de fréquence.***



II) La carte son

Elle réalise un filtrage numérique optimum.
Elle sera physiquement soit :
- *solidaire du mélangeur.*
- *celle du PC.*

On injecte deux signaux I et Q de 44 kHz (loi de Nyquist)



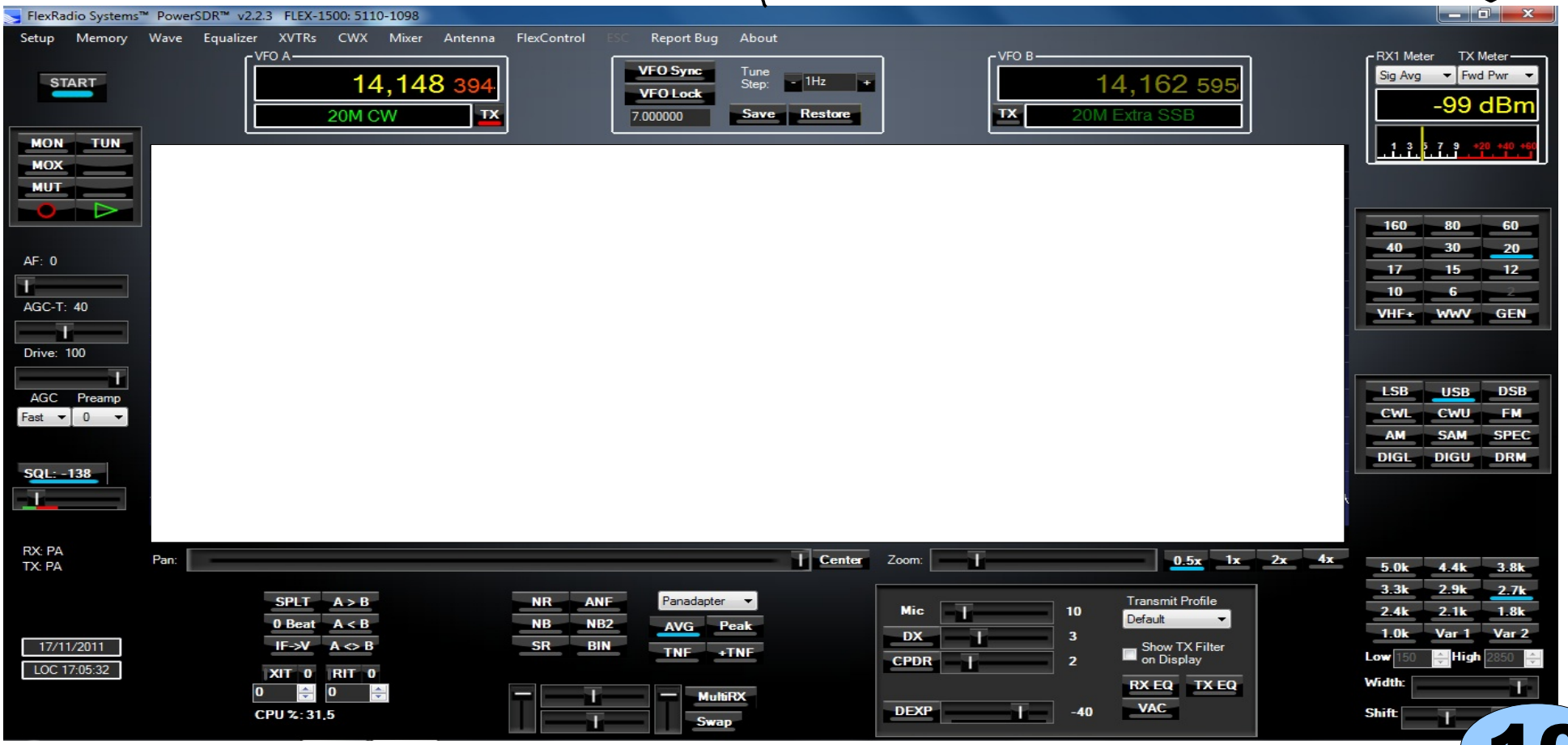
III) Le PC (1/2)

SOURIS

Panneau de commande virtuel

LOGICIEL

Les fonctions classiques sont reproduites



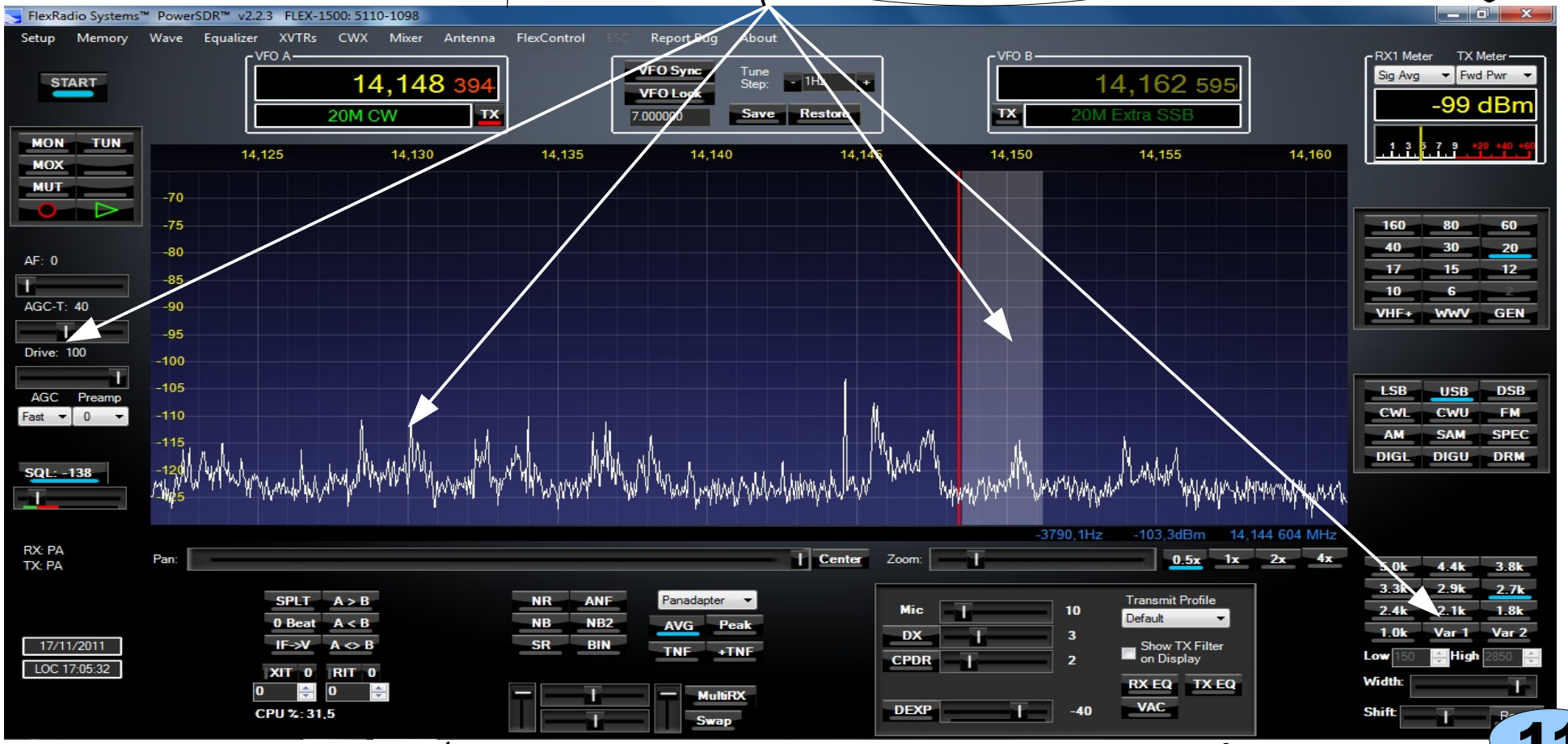
III) Le PC (2/2)

SOURIS

On choisit sur l'écran
le lieu de l'émission et de la réception

Panneau de commande virtuel
+
un écran panoramique ***dynamique***
Ici, le signal d'entrée

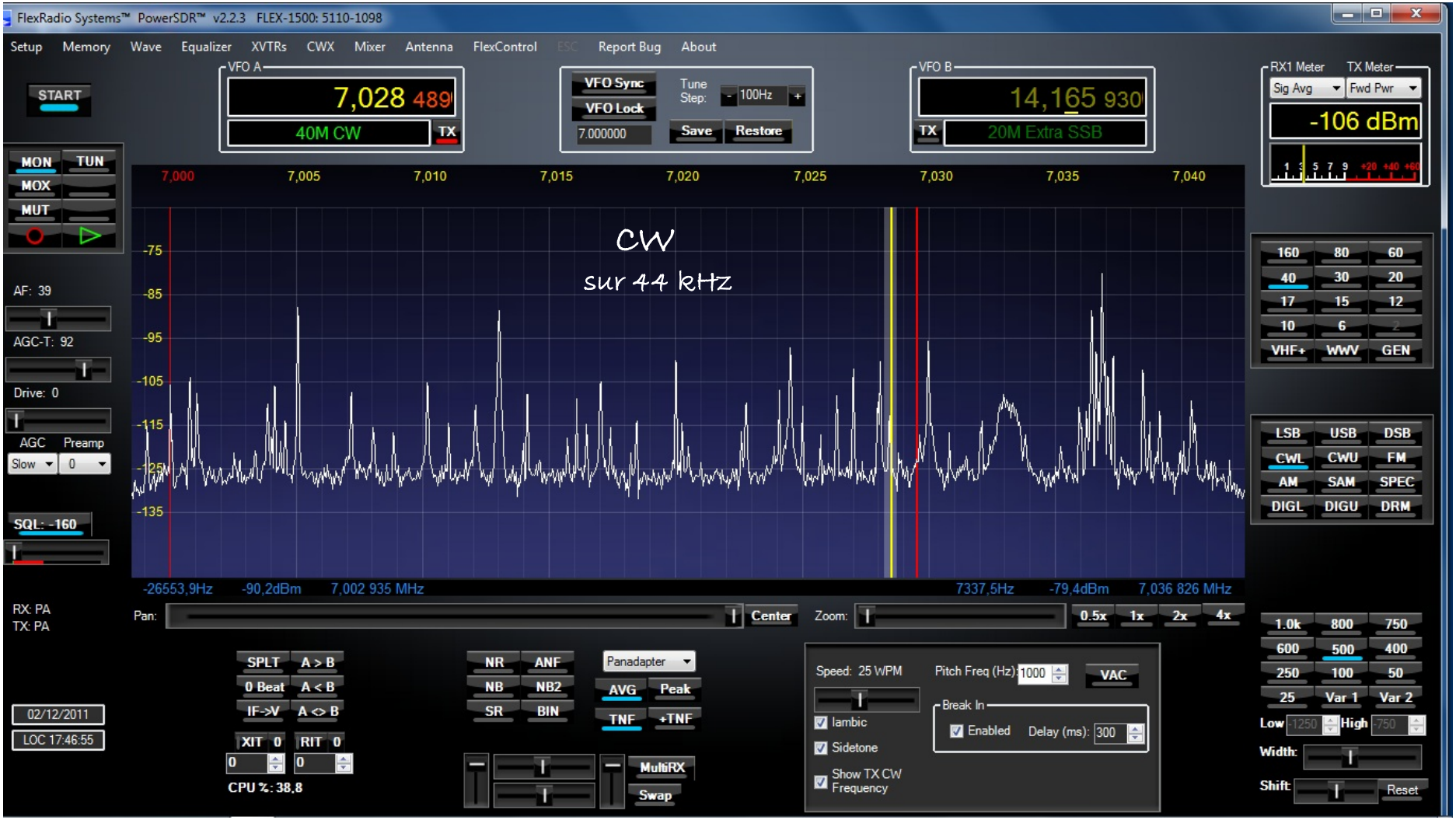
LOGICIEL



L'écran panoramique équipe aujourd'hui quelques TX « hétérodyne », mais ils restent passifs

IV) Le signal d'entrée brut (1/4)

IV) Le signal d'entrée brut (2/4)



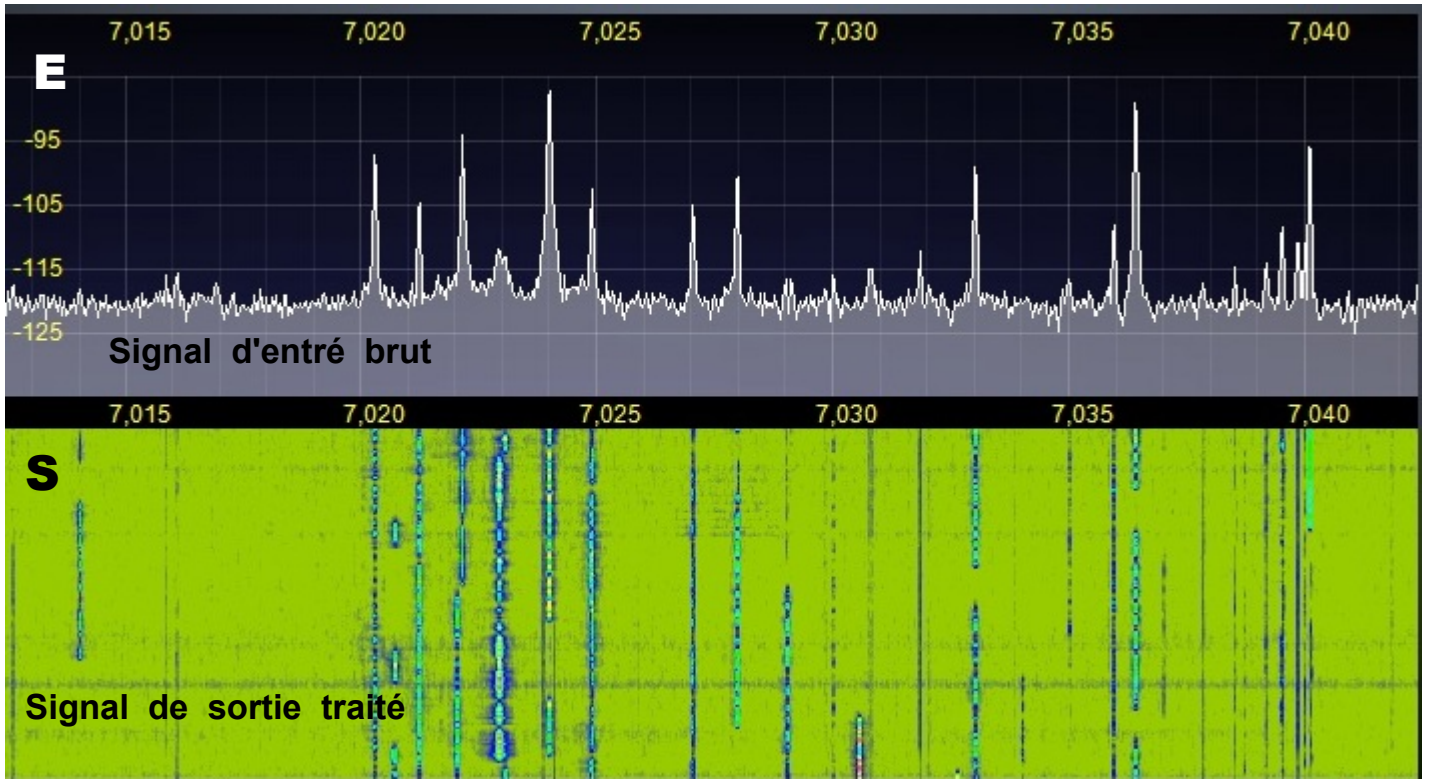
IV) Le signal d'entrée brut (3/4)

IV) Le signal d'entrée brut (4/4)

V) Le signal de sortie traité (1/4)

MODULATION: CW

amplitude



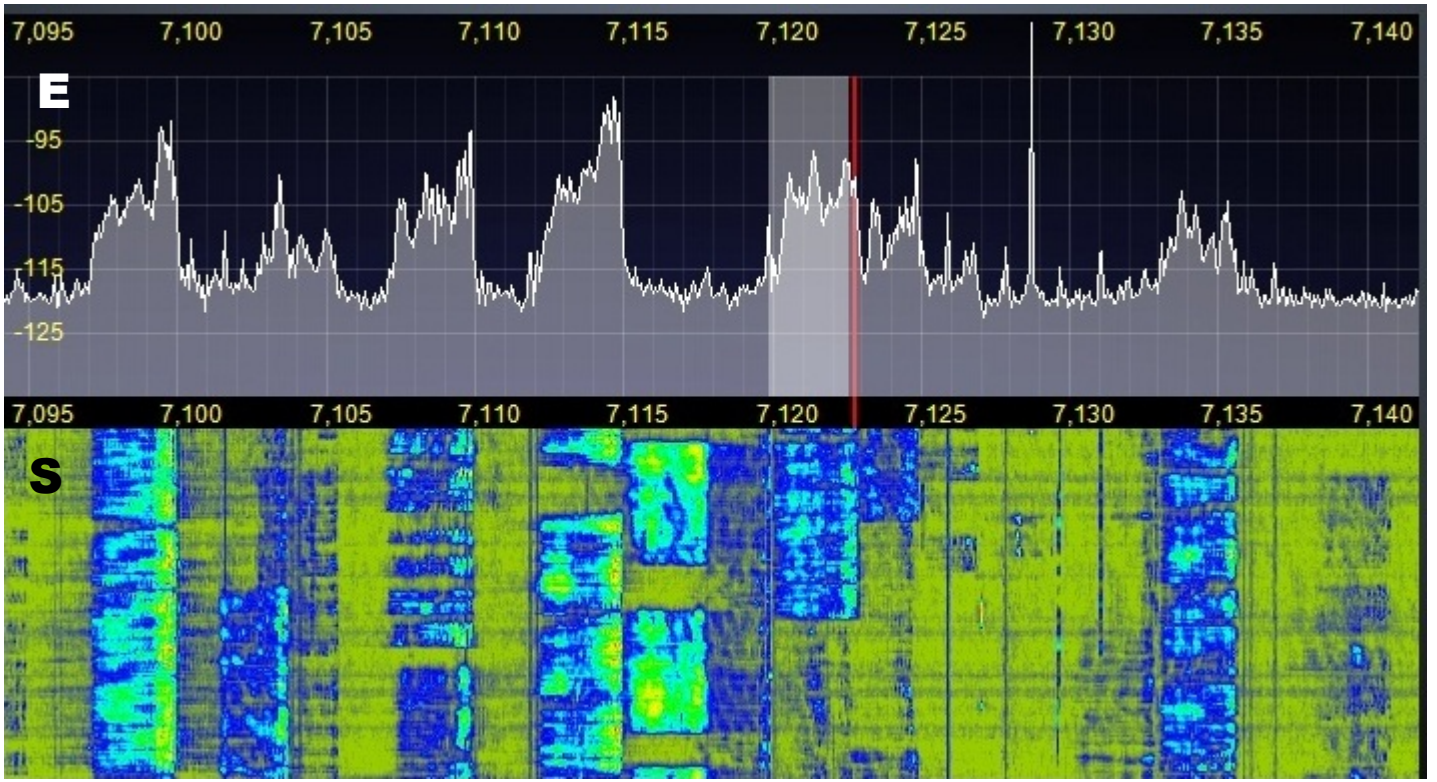
durée

La fréquence en fonction de l'amplitude
≈ un analyseur de spectre

La fréquence en fonction de la durée
≈ un sonographe (waterfall)

V) Le signal de sortie traité (2/4)

MODULATION: BLU



V) Le signal de sortie traité (3/4)

MODULATION : CW

La fréquence en fonction du temps ≈ un oscilloscope

temps

V) Le signal de sortie traité (4/4)

MODULATION : BLU

On visualise la qualité de modulation (micro, compression) à la réception et à l'émission

VI) Le logiciel (1/2)

- Toutes les modulations peuvent être modélisées mathématiquement, donc elles sont manipulables par logiciel.

- **C'est 99 % de la puissance de traitement du SDR.**

- **C'est en fait le cœur du système.**

VI) Le logiciel (2/2)

- Il gère les filtrages + les modulations + le panneau de commande virtuel + l'écran panoramique.
- Logiciels disponibles :
  - PowerSDR pour les produits FlexRadio (propriétaire).
  - Winrad et HD SDR pour les autres produits (libre).
- Ils sont gratuits et compatibles avec Windows XP , 7.

Ce que l'on remarque immédiatement (1/9)

Sélectivité et réduction du bruit par rapport

aux double, triple et quadruple étages classiques (1/5)

► ***Un seul étage HF performant:***

- ***les bruits de phase et de distorsion sont divisés par deux à trois.***
- ***la fréquence image est éliminée.***
- ***moins de 1 dB de perte de conversion contre 6-7 dB dans les mélangeurs classiques.***
- ***90 % des trajets radiofréquences sont numériques.***

Ce que l'on remarque immédiatement (2/9)

Sélectivité et réduction du bruit par rapport aux double, triple et quadruple étages classiques (2/5)

► ***Filtrage numérique : le facteur de forme des filtres ≤ 1,2.***

► ***Aucun pompage (son de cloches) sur les filtres et l'AGC grâce à la qualité des convertisseurs A/D et D/A.***

Le DSP des récepteurs hétérodynes sont peu efficace car équipés de convertisseurs digital /analogique et analogique / digital peu performants

Ce que l'on remarque immédiatement (3/9)

Sélectivité et réduction du bruit par rapport aux double, triple et quadruple étages classiques (3/5)

- *Compte tenu de la puissance du filtrage numérique, l'intermodulation dépend moins de la tête HF et des filtres additifs (roofing).*

  L'intermodulation n'est plus un critère pertinent avec le SDR.
  Les filtres de bandes peuvent donc être très simplifiés.

- *Le SDR ne comporte aucun circuit oscillant: il est donc apériodique. Il sera moins sensible au QRN (F3LW).*

  Pas de production d'onde amortie

Ce que l'on remarque immédiatement (4/9)

Sélectivité et réduction du bruit par rapport aux double, triple et quadruple étages classiques (4/5)

► *L'AGC, les Notch et la souplesse des filtres améliorent le traitement de la phonie dans le bruit et dans les "pile-up".*

► ***On extrait des signaux CW noyés dans le bruit avec un grand confort audio.***

Le traffic CW n'a jamais été aussi confortable et efficace

Ce que l'on remarque immédiatement (5/9)

<u>Sélectivité et réduction du bruit par rapport aux double, triple et quadruple étages classiques</u> (5/5)

► ***On peut activer les préamplificateurs sans dégrader le rapport signal / bruit, à l'inverse des récepteurs classiques. En fait la qualité du filtrage masque l'augmentation du bruit.***

utile pour les faibles signaux dans les bandes basses

► *La puissance du traitement du signal est telle que l'on revalorise des antennes typiquement bruyantes (verticales) même sur les bandes basses.*

Ce que l'on remarque immédiatement (6/9)

Simplicité d'utilisation

- ***On dispose d'une vue panoramique du trafic sur une largeur de 44, 96, voire 192 kHz selon la carte son.***
- ***On maîtrise le trafic que l'on voit et en temps réel.***
- ***Tout se pilote avec une souris.*** Plus de bouton
- *L'accés fonctionnel est direct : les menus ne sont plus empilés ou circulaires.*

Ce que l'on remarque immédiatement (7/9)

Fiabilité et coût

► ***La quantité de composants est divisé par 4 à 5, donc la fiabilité augmente.***

La fiabilité est inversement proportionnelle au nombre d'éléments.

De plus, les coûts de dépannage d'un poste hétérodyne ne sont plus un problème avec le systéme SDR.

► ***Le prix de vente est divisée par 2 à 3.***

Ce que l'on remarque immédiatement (8/9)

Potentiels d'évolutions importants *(1/2)*

► *C'est un système évolutif. Les mises à jour logicielles (Firmware) sauront réaliser:*

- des améliorations et des créations fonctionnelles.

- des modulations et des démodulations futures.

Avec le système SDR le produit évolue uniquement grace aux mises à jour logicielles : une révolution !

.

Ce que l'on remarque immédiatement (9/9)

Potentiels d'évolutions importants (2/2)

► *Ouvertures vers des univers oubliés :*

- ***l'AGC est complètement paramétrable: il dispose de cinq réglages.***
- *FlexRadio permet d'insérer cinq (5) Notch mobiles et de largeurs variables.*

.

Avant de mettre sous tension un SDR (1/2)

Ici la radio (le hard) est au service de l'informatique (le soft).

On entre dans l'univers informatique, c'est à dire des protocoles.

Lire entièrement le manuel d'utilisation

Ce n'est pas un produit " Plug and Play "

► *pour éviter les absurdités.*

► *pour optimiser les réglages.*

Avant de mettre sous tension un SDR (2/2)

Raisonner "radio logicielle"

- *oublier les boutons.*
- *la raideur des filtres (le facteur de forme) est fonction de la taille de la mémoire tampon.*
- *le taux d'échantillonnage :*
  - *influence la qualité audio.*
  - *sera donc spécifique à chaque modulation.*

Produits disponibles sur le marché (1/3)

Les autres produits sont au stade de prototype ou de diffusion artisanale

► **Kanga**: récepteur en kit CMS, 80 m (≈ 20 €, Kanga, GB).

- ► **Genesis G11**: TX en semi kit + réglages, 10 W, ≤ 6 m, toutes modulations (≈ AUD300, Genesisradio, Australie).

► **SEASDR**: récepteur en kit, 40m (≈ 25 €, Italie).

► **Perseus**: récepteur 10 kHz - 30 MHz, conçu pour le "broadcast (≈ 825 €, RFHAM).

► **FlexRadio** (RFHAM) :

- **1500**: TX ≤ 6 m, 5 W, toutes modulations (≈ 650 €).
- **3000**: TX ≤ 6 m, 100 W, ATU, toutes modulations (≈ 1700 €).
- **5000A** : idem + double récepteur, permet de travailler en diversité (≈ 3500 €).

Produits disponibles sur le marché (2/3)

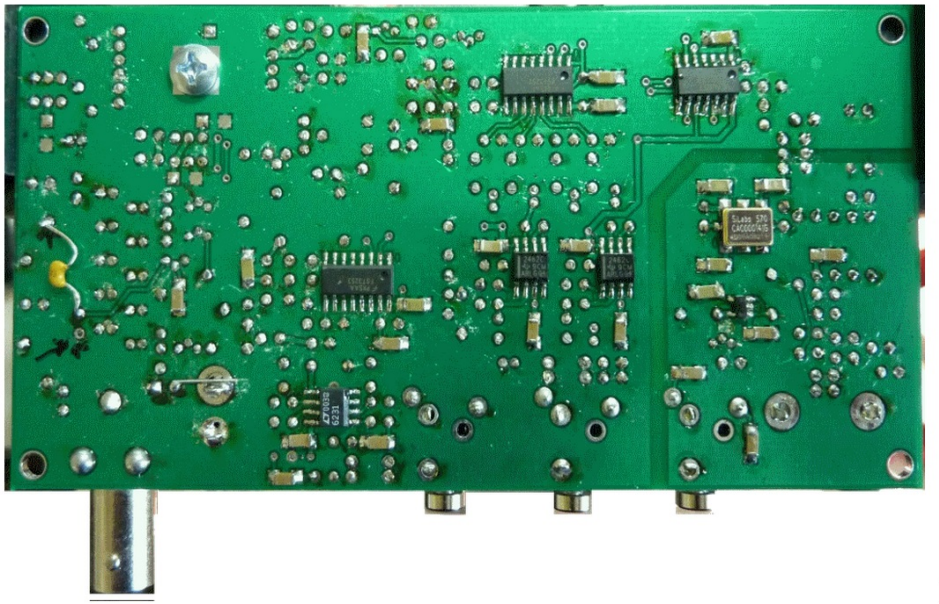
► **KX3**: TX portable, 10W (≈ $ 1000, Elecraft, USA).

On conserve l'architecture classique du SDR (planches 04 et 09) et l'on dispose de ses innovations sans les ruptures culturelles et opératoire (souris, logiciel).

Produits disponibles sur le marché (3/3)

► **SoftRock RXTX transceiver Kit**:

- circuit imprimé 12 x 6 cm, 1W, 10 > 160 m, toutes modulations, zéro réglage, graphisme type FlexRadio (~ $ 89, KB9YIJ / WB5RVZ, USA).
- reproduction du premier SDR produit par FlexRadio.
- exemplaire fonctionnel par F3LW :



Bibliographie

- ► ***"Une radio logicielle pour les foules", par le fondateur de FlexRadio (AC5OG), traduit par F1AYO (Radio-REF, Janvier 2013).***

► *La suite, en anglais, pour approfondir : " SDR for the Masses".*
- QEX Septembre 2002.
- QEX Novembre 2002.
- QEX Mars 2003.

► *Le brevet de Dan Tayloe N° 6,230,000, B1 (© MOTOROLA).*

► *"Un récepteur SDR pour le 137 kHz", sur le site de F1AFJ (2005).*

► *"144 to 28MHz receiver converter" , RADCOM 03/2010 (revue du RSGB).*

► *SDR et l'outil gnuradio, Linux Magazine, N° 153, Octobre 2012*